



Federação das Indústrias do Estado da Bahia

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Engenharia Elétrica

Projeto Theoprax de Conclusão de Curso

Desenvolvimento do robô de inspeção.

Apresentada por: Michael Faraday
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla

Orientador: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Setembro de 2018

Michael Faraday
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla

Desenvolvimento do robô de inspeção.

Projeto Theoprax de Conclusão de Curso apresentada ao , Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia.**

Área de conhecimento: Interdisciplinar

Orientador: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Salvador
Centro Universitário SENAI CIMATEC
2016

Dedico este trabalho a ...

Agradecimentos

Salvador, Brasil
dia de Setembro de 2018

Michael Faraday
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla

Resumo

Escreva aqui o resumo da dissertação, incluindo os contextos geral e específico, dentro dos quais a pesquisa foi realizada, o objetivo da pesquisa, assunção filosófica, os métodos de pesquisa usados e as possíveis contribuições que o que é proposto pode trazer à sociedade.

Palavras-chave: Palavra-chave 1, Palavra-chave 2, Palavra-chave 3, Palavra-chave 4, Palavra-chave 5

Abstract

Escreva aqui, em inglês, o resumo da dissertação, incluindo os contextos geral e específico, dentro dos quais a pesquisa foi realizada, o objetivo da pesquisa, assunção filosófica, os métodos de pesquisa usados e as possíveis contribuições que o que é proposto pode trazer à sociedade.

Keywords: Keyword 1, Keyword 2, Keyword 3, Keyword 4, Keyword 5

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivos Específicos	3
1.2	Justificativa	4
1.3	Requisitos do cliente	4
1.4	Organização do Projeto Theoprax de Conclusão de Curso	4
2	Conceito do Sistema	5
2.1	Estudo do estado da arte	5
2.2	Descrição do sistema	5
2.2.1	Especificação técnica	5
2.2.2	Arquitetura geral do sistema	5
2.2.3	Arquitetura de software	6
2.3	Desdobramento da função qualidade	6
2.3.1	Requisitos técnicos	6
3	Materiais e Métodos	7
3.1	Estrutura analítica do protótipo	7
3.2	Lista de componentes	7
3.3	Diagramas mecânicos	8
3.3.1	Diagrama mecânico do ELIR	8
3.3.2	Suporte dos sensores	8
3.4	Modelo esquemático de alimentação e comunicação	10
3.4.1	Diagramas elétricos	11
3.4.2	Esquemas eletrônicos	11
3.5	Especificação das funcionalidades	11
3.5.1	Aquisição	11
3.5.1.1	Objetivo	11
3.5.1.2	Dependências	12
3.5.1.3	Premissas	12
3.5.1.4	Descrição da Funcionalidade	12
3.5.1.5	Saídas	13
3.5.2	Localização	14
3.5.2.1	Objetivo	14
3.5.2.2	Dependências	14
3.5.2.3	Premissas	15
3.5.2.4	Descrição da Funcionalidade	15
3.5.2.5	Saídas	16
3.5.3	Deteccão	16
3.5.3.1	Objetivo	16
3.5.3.2	Dependências	16
3.5.3.3	Premissas	16
3.5.3.4	Descrição da Funcionalidade	16
3.5.3.5	Saídas	17
3.6	Interface do Usuário	18

4	Resultados	19
4.1	Testes unitários	19
4.2	Testes integrados	19
4.3	Avaliação da prontidão tecnológica	19
4.4	Trabalhos futuros	19
5	Conclusão	20
5.1	Considerações finais	20
A	QFD	21
B	Diagramas mecânicos	22
C	Diagramas eletro-eletrônicos	23
D	Wireframes	24
E	Logbook	25
	Referências	26

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

1.1	Inspeção de linhas de transmissão feita por aeronaves tripuladas.	2
1.2	Interação humana durante a inspeção de linhas de transmissão.	2
1.3	Realização de inspeção em linhas de transmissão através da observação humana.	3
3.1	Lista de materiais utilizados no sistema de Percepção do robô ELIR	8
3.2	Prateleira para suporte dos componentes eletrônicos	9
3.3	Prateleira para suporte com sensores	9
3.4	Prateleira para suporte dos componentes de alimentação	10
3.5	Fluxograma da Funcionalidade Aquisição	13
3.6	Nível de criticidade dos sensores	14
3.7	Fluxograma da Funcionalidade Localização	15
3.8	Fluxograma da Funcionalidade Detecção	17

Lista de Siglas

THEOPRAX

WWW World Wide Web

Lista de Simbolos

∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble
∂	Bla bla bla
Π	.....	ble ble ble

Introdução

No Brasil, a eletricidade é gerada por hidrelétricas, termoeletricas, parques eólicos e usinas nucleares. Na maioria dos casos, devido a condições geográficas e de segurança, a energia gerada nem sempre é utilizada ou consumida no local de sua geração. Portanto, há a necessidade do uso de linhas de transmissão para transportar energia gerada na fonte geradora para a carga do consumidor (??). O mercado consumidor brasileiro é composto de cerca de 47 milhões de unidades. Em termos de linhas de transmissão de energia, são cerca de 98.648,3 km, que devem estar operando 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano e em perfeito estado de manutenção, para garantir eletricidade para os consumidores (??)

No Brasil, há uma quantidade considerável de linhas de transmissão de alta tensão que já ultrapassaram a vida útil as quais foram destinadas. Com o envelhecimento dos cabos, a inspeção para manutenção preventiva é um fator de extrema relevância para garantir o perfeito funcionamento dos sistemas elétricos. De um modo geral, as inspeções nas linhas de transmissão de alta tensão são realizadas regularmente de forma visual, a fim de identificar a necessidade da realização de manutenções preventivas. As inspeções buscam verificar a integridade física dos componentes das linhas, em termos de fissuras, corrosão e eventuais danos que venham a prejudicar o fornecimento de energia elétrica. Essas inspeções envolvem a análise da integridade estrutural das torres, da condição dos isoladores, das conexões das linhas de transmissão, dentre outros, a fim de se verificar a existência de eventuais pontos de ruptura.

Um dos métodos empregados para detecção de pontos quentes nos cabos é o imageamento térmico, que é capaz de identificar uma elevação de temperatura nos cabos, o que é um indício de possíveis pontos de ruptura. A inspeção através de câmera térmica é uma importante ferramenta no campo das inspeções para manutenções preventivas. Outros pontos a serem inspecionados envolvem as condições do local onde as torres são instaladas, pois a vegetação e eventuais construções devem ser mantidas a uma distância mínima segura, tal que não ocorra nenhum contato entre quaisquer estruturas e as torres ou cabos de transmissão, evitando assim interferências no funcionamento da linha.

Além disso, é essencial a garantia de dispor-se de um terreno em condições de trânsito de veículos para o transporte do pessoal de manutenção, transporte de ferramentas, dentre outros fatores. Durante vários anos, a inspeção de linhas de transmissão de alta tensão tem sido feita regularmente através de aeronaves tripuladas. As aeronaves executam vôos

em baixa altitude e muito próximos das linhas de transmissão conforme mostrado nas Figuras 1.1 e 1.2.



Figura 1.1: Inspeção de linhas de transmissão feita por aeronaves tripuladas.



Figura 1.2: Interação humana durante a inspeção de linhas de transmissão.

Em alguns casos, devido às características geográficas da região, condições climáticas e outros fatores que venham a dificultar o sobrevôo, há uma grande exposição dos tripulantes a riscos associados à tarefa. Além dos perigos aos quais os tripulantes são expostos, a inspeção feita com aeronaves tem um custo bastante elevado. Outra forma alternativa de inspeção é o uso de veículos terrestres, porém essa forma é muito limitada, pois boa parte das linhas de transmissão está localizada em áreas de difícil acesso terrestre, muitas vezes restritas pelas características geográficas da região. Além disso, o ângulo de visão é, muitas vezes, desfavorável para a realização da inspeção.

Outra maneira de inspecionar as linhas de transmissão é através de eletricitistas que literalmente caminham sobre os cabos de linhas de transmissão de alta tensão (Figura 1.3),



Figura 1.3: Realização de inspeção em linhas de transmissão através da observação humana.

realizando inspeção visual e termográfica. Esse tipo de inspeção é lenta e não é viável, tendo em vista que o país possui milhares de quilômetros de linhas de transmissão.

Neste contexto vários robôs de inspeção de linhas de transmissão foram desenvolvidos, porém poucos deles consistiram em projetos de engenharia que sejam aplicáveis no mundo real, além disso a maioria eram robôs tele-operados, ou seja robôs controlados por seres humanos. Um dos pontos diferenciais deste projeto de tese é a proposição de um desenvolvimento de uma navegação autônoma utilizando técnicas de aprendizagem de máquinas até então não utilizadas em robôs de inspeção de linhas de transmissão de alta tensão.

1.1 Objetivos

veja

Nesta seção os objetivos principal (também pode-se utilizar a palavra meta) da monografia de graduação ou especialização, dissertação de mestrado ou tese de doutorado são apresentados.

1.1.1 Objetivos Específicos

Nesta seção os objetivos específicos (também pode-se utilizar a palavra meta) da monografia de graduação ou especialização, dissertação de mestrado ou tese de doutorado são apresentados.

1.2 *Justificativa*

O pesquisador/estudante deve apresentar os aspectos mais relevantes da pesquisa ressaltando os impactos (e.g. científico, tecnológico, econômico, social e ambiental) que a pesquisa causará. Deve-se ter cuidado com a ingenuidade no momento em que os argumentos forem apresentados.

1.3 *Requisitos do cliente*

asjdfllkasjdlfjsdlk;f

1.4 *Organização do Projeto Theoprax de Conclusão de Curso*

Este documento apresenta x capítulos e está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução:** Contextualiza o âmbito, no qual a pesquisa proposta está inserida. Apresenta, portanto, a definição do problema, objetivos e justificativas da pesquisa e como este projeto theoprax de conclusão de curso está estruturado;
- **Capítulo 2 - Nome do capítulo:** XXX;
- **Capítulo 5 - Conclusão:** Apresenta as conclusões, contribuições e algumas sugestões de atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no futuro.

Conceito do Sistema

Quanto maior for a rapidez de transformação de uma sociedade, mais temporárias são as necessidades individuais. Essas flutuações tornam ainda mais acelerado o senso de turbilhão da sociedade.

(Alvin Toffler)

Quanto maior for a rapidez de transformação de uma sociedade, mais temporárias são as necessidades individuais. Essas flutuações tornam ainda mais acelerado o senso de turbilhão da sociedade.

(Alvin Toffler)

2.1 Estudo do estado da arte

flkjaskldkfjaskldkfjs

2.2 Descrição do sistema

lasdjflsadjf

2.2.1 Especificação técnica

lakjfldksjfdslakjf

2.2.2 Arquitetura geral do sistema

lksajdfldksdajflk;

2.2.3 *Arquitetura de software*

2.3 *Desdobramento da função qualidade*

asdfsda

2.3.1 *Requisitos técnicos*

asdfsad

Materiais e Métodos

A metodologia empregada para gerenciamento e execução do projeto ELIR é a mesma empregada na área de Robótica da Instituição. O projeto foi dividido em três fases principais:

- Conceitual e Design
- Development
- Tests

Na etapa de *Conceitual e Design* foram definidos os sensores a serem utilizados no projeto, o modelo esquemático de alimentação e comunicação bem como toda análise de funcionalidades e arquiteturas do robô. Esta é a etapa de criação de conceito tecnológico e o sucesso das demais etapas estão diretamente relacionadas ao sucesso desta.

Na etapa de *Development* as funcionalidades foram implementadas em código e todas as interfaces de alimentação e comunicação foram validadas. Esta fase é marcada pela implementação dos protocolos de comunicação, integração dos sensores com o *framework* de robótica e desenvolvimento da interface gráfica.

Já na etapa *Tests* foram realizados os testes unitários e integrados do sistema de percepção do robô comprovando o seu funcionamento.

3.1 Estrutura analítica do protótipo

asdkjfsdalkjf

3.2 Lista de componentes

No sistema de Percepção os sensores atuam como os sentidos do robô, recebendo dados externos e informando a unidade central de processamento os seus significados. Quanto maior o número de grandezas físicas analisadas, mais complexo o sistema de Percepção e maior a sua capacidade de compreensão.

Os sensores que compõem o sistema de Percepção do robô ELIR foram escolhidos com base nas necessidades de cada funcionalidade do sistema e disponibilidade do componente na própria instituição. A lista de componentes utilizada está mostrada na Figura 3.1.

Item	Description	Manufacturer	Part Number	power/current	connection	unit cost [R\$]	quantity	total cost [R\$]
01	interface board	Phidgets	1019_1B	500mA (max)	USB	R\$ 272,00	1	R\$ 272,00
02	proximity sensor	ETT CO. Ltd	E18-D80NK npn	<25mA	Digital Output	R\$ 29,00	5	R\$ 145,00
03	temperature sensor	Texas Instruments	LM35	10mA	Analog Output	R\$ 7,38	1	R\$ 7,38
04	gps	Swift Navigation	Piksi 2.3.1	5V, 500mW	USB	R\$ 3.398,00	1	R\$ 3.398,00
05	imu	XSENS	Mti-1	44mW	USB	R\$ 1.597,50	1	R\$ 1.597,50
06	ultrasonic sensor	Maxbotix	EZ-1	5V, 2mA	Analog Output	R\$ 107,82	1	R\$ 107,82
08	lwir camera	FLIR	Lepton 1.0	140mW	I2C	R\$ 812,50	1	R\$ 812,50
09	bridge board I	STMicroelectronics	STM32F401 RE	160mA/0.64W	USB	R\$ 49,79	1	R\$ 49,79
10	bridge board II	STMicroelectronics	STM32L432KC	140mA/0.56W	USB	R\$ 39,56	1	R\$ 39,56
11	battery	Inspired Energy	NH2054HD34	89Wh/6,2Ah	SMBus	R\$ 879,98	2	R\$ 1.759,97
12	power management board	SENAI CIMATEC	-	-	USB	R\$ 2.200,00	1	R\$ 2.200,00
13	smart charger for battery	Inspired Energy	EB325A	15mA/0.36W	SMBus	R\$ 1.296,00	1	R\$ 1.296,00
14	central processing	Intel	NUC515RYK	15W/12V	USB	R\$ 4.300,00	1	R\$ 4.300,00
15	cabo usb	-	-	-	USB	R\$ 10,00	2	R\$ 20,00
Total:								R\$ 15.985,52

Figura 3.1: Lista de materiais utilizados no sistema de Percepção do robô ELIR

Fonte: Própria

3.3 Diagramas mecânicos

asdfsda

3.3.1 Diagrama mecânico do ELIR

shaushaus

3.3.2 Suporte dos sensores

Para fixar todos os sensores e componentes eletrônicos de maneira organizada foi desenhada uma estrutura em forma de prateleira na qual é possível anexar a grande parte dos sensores do sistema de Percepção.

A primeira prateleira comporta os sensores do sistema de georreferenciamento que são o GPS e a IMU. A prateleira central foi projetada para a placa de interface Nucleo F401RE que recebe os dados da câmera IR. Por último, na terceira prateleira fica a placa de interface Phidgets para reunir os dados dos diferentes componentes e enviar para a NUC que é a unidade de processamento central do robô.

As peças foram fabricadas utilizando impressão 3D e o seu desenho pode ser visto nas Figura 3.2 e 3.3 .

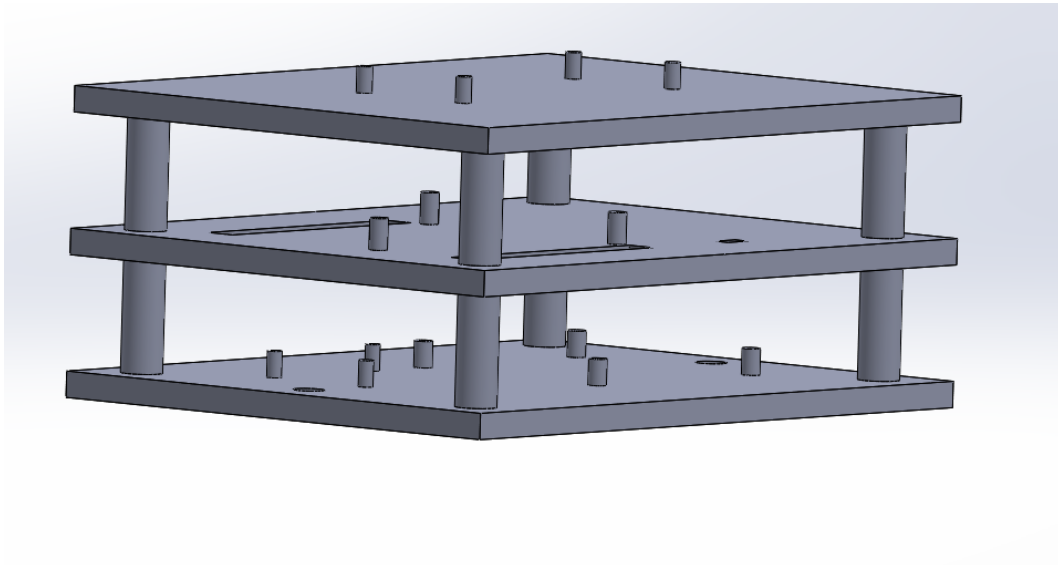


Figura 3.2: Prateleira para suporte dos componentes eletrônicos

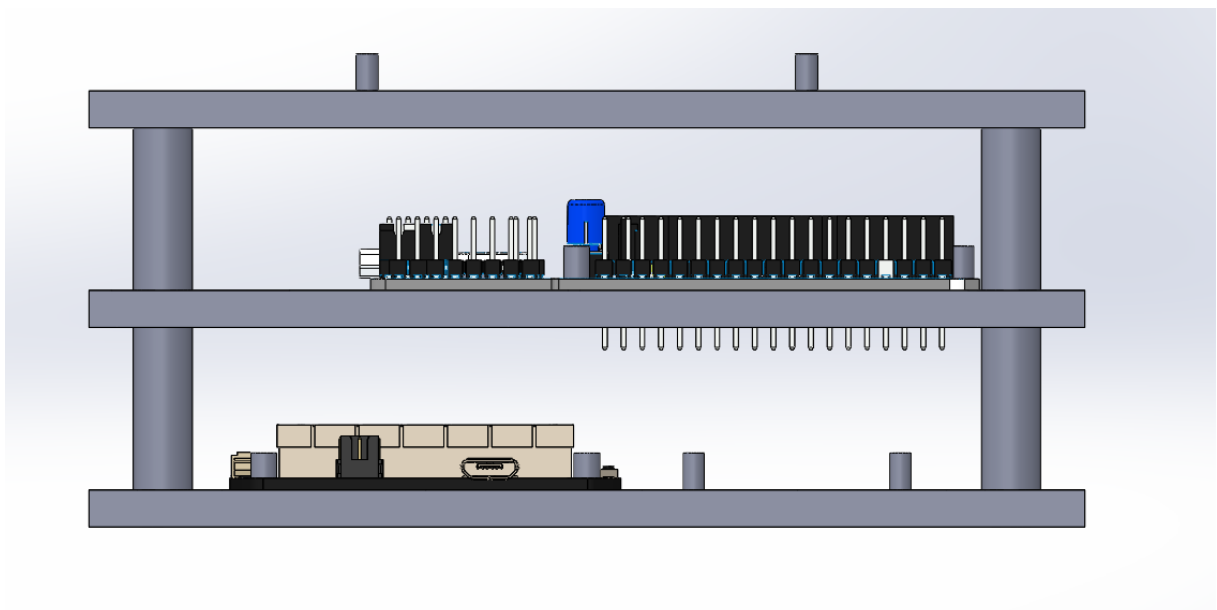


Figura 3.3: Prateleira para suporte com sensores

A parte de gerenciamento enérgico do robô foi alocada em uma estrutura na parte inferior do mesmo. Esta estrutura foi projetada para comportar as baterias, a *Smart Charger*, a *Power Management* e a placa de interface Nucleo L432. O desenho dessa estrutura está mostrado na figura 3.4.

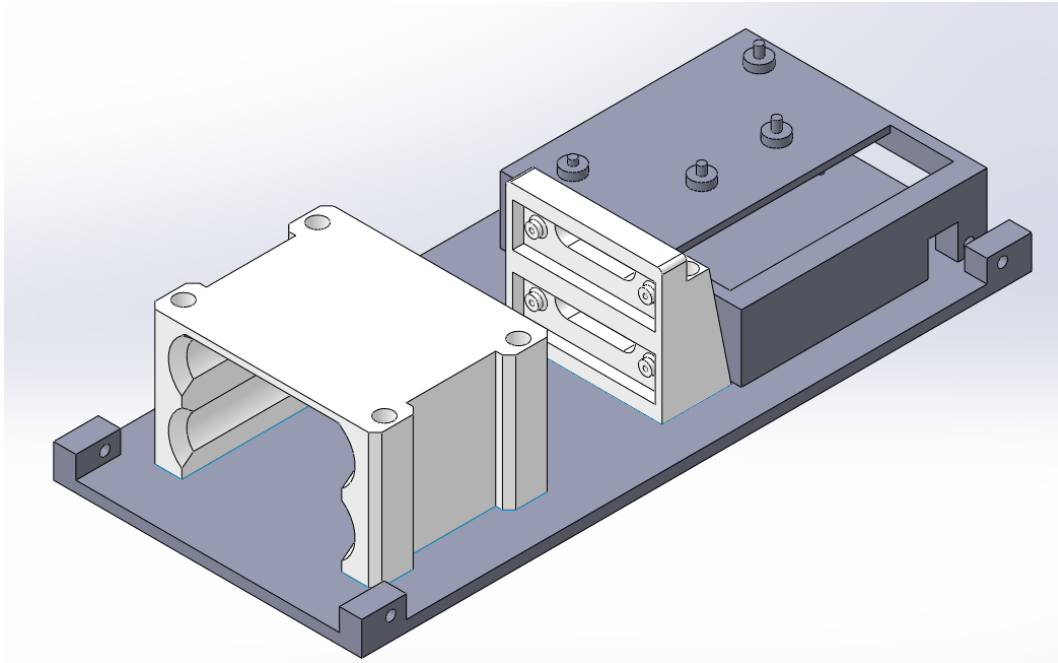


Figura 3.4: Prateleira para suporte dos componentes de alimentação

3.4 Modelo esquemático de alimentação e comunicação

A alimentação do sistema é proveniente de duas baterias LiPo que fornecem tensão de alimentação em 14V. Todo o gerenciamento de energia do sistema é feita pela Power Management Board, esta placa é responsável por distribuir a alimentação de entrada para os demais subsistemas da Percepção.

A placa de interface Phidgets além de funcionar como *hub* para uma grande parte dos sensores também é responsável por compatibilizar o nível de tensão para os componentes eletrônicos, fornecendo 5V para as placas microprocessadas, sensores e a alimentação de todas as portas USBs.

A comunicação entre os sistemas da Percepção ocorrem na maior parte através da Phidgets, já que esta placa de interface concentra as informações oriundas de suas portas USB, entrada digitais e entradas analógicas em uma única porta USB para a unidade central de processamento.

A câmera térmica e a os dynamixels possuem portas exclusivas de comunicação com a unidade central devido seu grau de criticidade.

O esquemático de alimentação e comunicação entre todos os elementos do sistema de Percepção está disponibilizado no apêndice XX.

3.4.1 Diagramas elétricos

O diagrama elétrico do sistema está disponível no apêndice C. Neste diagrama encontram-se todas as conexões elétricas e de comunicação bem como as especificações de conectores e cabos utilizados no projeto.

3.4.2 Esquemas eletrônicos

O único esquemático eletrônico realizado pela equipe foi uma placa hub de 5V para alimentação dos sensores de proximidade, visto que a Phidgets possui apenas uma saída de tensão em 5V disponibilizada.

Nesta placa foram colocados os *pin headers* para cada sensor de proximidade, fornecendo alimentação e disponibilizando os pinos digitais dos sensores em um conector Molex.

O esquemático eletrônico e *board* estão mostrados no anexo C.

3.5 Especificação das funcionalidades

As funcionalidades de um robô descrevem os subsistemas e a lógica de operação dos mesmos. No ELIR, o sistema de Percepção possui três funcionalidades principais: Aquisição, Localização e Detecção. A descrição de cada funcionalidade e seu diagrama de funcionamento estão mostrados nos subtópicos a seguir.

3.5.1 Aquisição

3.5.1.1 Objetivo

Realizar a comunicação e a aquisição dos dados provenientes da câmera térmica, sensores de proximidade, sonar, GPS, IMU, sensor de temperatura, *Smart Charger* e sensores de corrente.

3.5.1.2 Dependências

Esta funcionalidade não é dependente de nenhum outro processo.

3.5.1.3 Premissas

- A interface microcontrolada Nucleo STM32F401RE deve estar com firmware embarcado para conversão de dados SPI para UART.
- A câmera térmica deverá estar conectada à interface Nucleo STM32F401RE
- A câmera stereo deve está conectada à NUC através da porta USB
- O sensores de temperatura, corrente e sonar devem estar conectados as entradas analógicas da interface Phidgets
- Os sensores de proximidade devem está conectados as entradas digitais da placa de interface Phidgets
- O GPS e a IMU devem estar conectados a portas USB da Phidgets
- As placas de interface devem estar energizadas.

3.5.1.4 Descrição da Funcionalidade

O processo de aquisição de dados envolve a comunicação dos sensores com seus respectivos drivers no ambiente ROS e a disponibilização dos dados para as outras funcionalidades do sistema.

Os sensores analógicos e digitais terão seus dados tratados pelo driver da interface Phidgets no ambiente ROS.

Para os dispositivos relacionados a localização como o GPS e a IMU, serão utilizado drivers já disponibilizados pelos fabricantes. No caso dos componentes que trabalham com os protocolos de comunicação SPI ou I2C, como é o caso da câmera térmica e da *Smart Charger*, serão utilizadas duas interfaces baseadas em ARM com um *firmware* embarcado para a conversão dos dados para o protocolo UART.

A interface microprocessada utilizada para obter dados da câmera térmica possui uma porta USB dedicada na unidade de processamento Intel NUC. Já a outra interface microprocessada para a *Smart Charger* será conectada a uma porta USB da Phidgets.

No ambiente ROS do projeto há um *package* exclusivo para receber os dados convertidos da câmera térmica, um *package* para receber dados de todos os sensores conectados a

Phidgets, um *package* para recebimento de dados da Smart Charger e por último um *package* exclusivo para interface gráfica. Pode-se observar o fluxograma da aquisição na Fig. 3.6

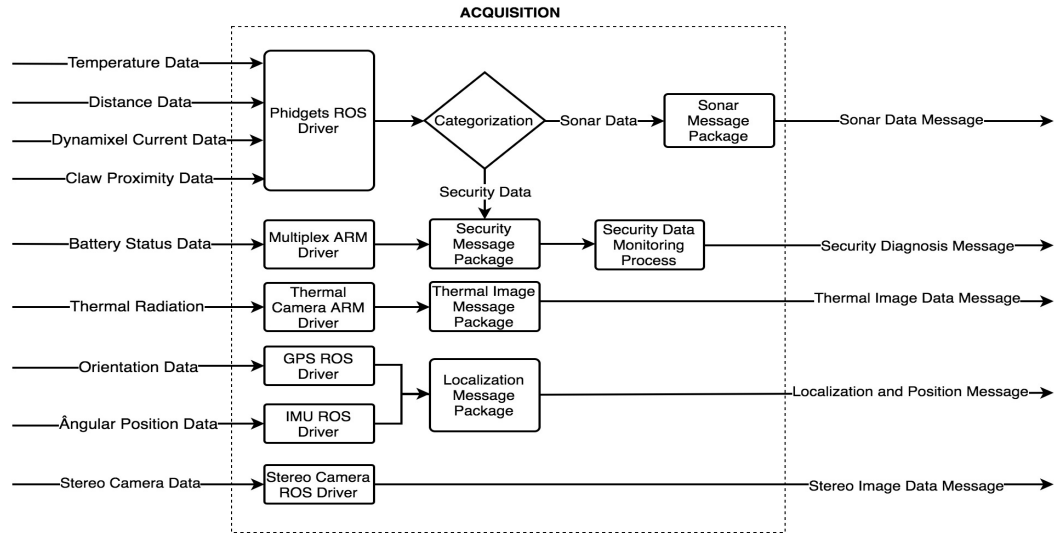


Figura 3.5: Fluxograma da Funcionalidade Aquisição

Para correta execução desta funcionalidade é necessário o funcionamento dos sensores segundo o nível de prioridade dos mesmos. Logo, um estudo de casos de falhas para cada sensor foi realizado, no qual foi definido um nível de criticidade de acordo com o impacto de sua função no sistema como um todo. Foram elaborados três níveis de criticidade:

- Level 1 - Sensores com impacto crítico na operação. Em casos de falha, a inspeção não poderá ser realizada.
- Level 2 - Sensores com impacto médio na operação. Em caso de falha, a inspeção poderá ser realizada de forma parcial.
- Level 3 - Sensores com impacto leve na operação. Em caso de falha, não haverá dados de monitoramento da situação de temperatura e consuno energético do robô, porém a inspeção poderá continuar normalmente.

Na figura abaixo, pode-se observar os sensores e suas categorias.

3.5.1.5 Saídas

Esta funcionalidade possui quatro saídas:

- Sonar Data Message: Mensagem de saída exclusiva para os dados do sonar EZ-1.

Grau de Criticidade dos Sensores	
Level 1	<ul style="list-style-type: none"> • FLIR LWIR Thermal Camera • Claw proximity sensors
Level 2	<ul style="list-style-type: none"> • EZ-1 Sonar • GPS • IMU
Level 3	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature Sensor - LM35 • Multiplex Board • Current Sensors

Figura 3.6: Nível de criticidade dos sensores

- Security Diagnose Message: Mensagem contendo todos os dados relacionados à segurança e integridade do robô.
- Thermal Image Data Message: Mensagem exclusiva para os dados da câmera térmica.
- Localization and Position Message: Mensagem contendo os dados relacionados à localização e posicionamento angular do robô.

3.5.2 Localização

3.5.2.1 Objetivo

O objetivo desta funcionalidade é disponibilizar os dados de Localização do robô no ambiente ROS para a funcionalidade de Detecção.

3.5.2.2 Dependências

O sistema de localização depende dos dados de posicionamento e orientação disponibilizados pelo sistema de Aquisição.

3.5.2.3 Premissas

- O sistema de Aquisição deve estar funcionando corretamente até o Nível 2 de criticidade dos sensores.
- GPS e IMU estão posicionados em uma estrutura rígida e com o menor vibração possível.

3.5.2.4 Descrição da Funcionalidade

O sistema de localização envolve o monitoramento da posição latitudinal e longitudinal do robô, assim como a posição angular através do GPS e da IMU respectivamente.

A localização é um package que ao receber uma requisição de informação, coleta os dados de posicionamento e orientação do robô provenientes do sistema de Aquisição e encaminha para o sistema que requisitou.

O fluxograma deste funcionalidade pode ser visto na Figura 3.7

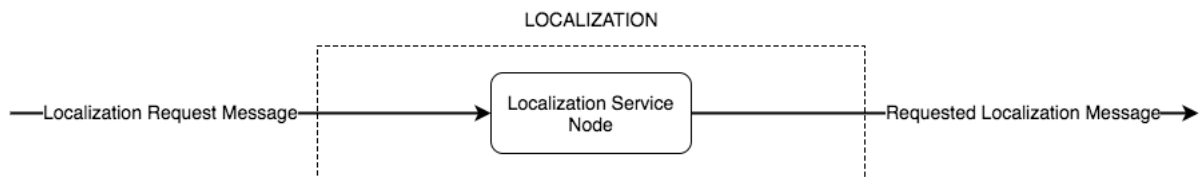


Figura 3.7: Fluxograma da Funcionalidade Localização

3.5.2.5 *Saídas*

- Requested Localization Message: Mensagem que informa os dados de localização para o sistema que os requisitou.

3.5.3 *Detecção*

3.5.3.1 *Objetivo*

O objetivo desta funcionalidade é coletar as informações provenientes da câmera infravermelha e do sonar, como presença de pontos quentes e objetos presentes na área de servidão.

3.5.3.2 *Dependências*

O sistema de detecção depende dos dados do sonar e dos *frames* da câmera térmica disponibilizados pelo sistema de Aquisição. Além disto, depende do sistema de Localização para adquirir informações de posicionamento e orientação do robô.

3.5.3.3 *Premissas*

- O sistema de Aquisição deve estar funcionando corretamente até o Nível 2 de criticidade dos sensores.
- A câmera térmica deve estar calibrada e posicionada com ângulo de visão para as linhas de transmissão e seus obstáculos
- O sonar deve estar posicionado de forma a monitorar objetos abaixo da linha de transmissão.

3.5.3.4 *Descrição da Funcionalidade*

A detecção é a funcionalidade responsável por identificar a presença de pontos quentes na linha de transmissão bem como de objetos na faixa de servidão. Ao identificar um destes elementos, o sistema solicita da funcionalidade de Localização os dados posicionamento e orientação do robô e envia uma mensagem de alerta.

A mensagem de detecção de um ponto quente informa a localização do robô e a localização do objeto no frame de imagem. Por isso recebe a mensagem de detecção de obstáculos.

A mensagem de detecção de objetos na faixa de servidão informa a distância da cota da linha até o objeto e a localização do mesmo.

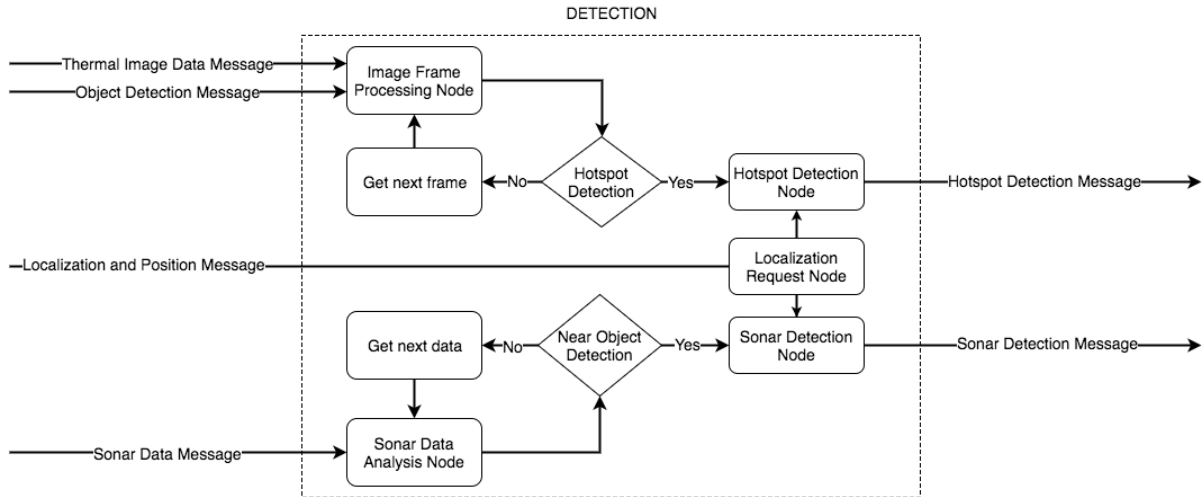


Figura 3.8: Fluxograma da Funcionalidade Detecção

3.5.3.5 Saídas

- Hotspot Detection Message: Mensagem que informa a detecção de um ponto quente e informa a sua localização na imagem e localização do robô na linha.
- Sonar Detection Message: Mensagem que informa a detecção de objetos na faixa de servidão e sua localização na linha.

3.6 Interface do Usuário

A interface do usuário é uma forma de expor graficamente as variáveis mais importantes do sistema robótico e quais atividades estão sendo executadas. Ela permite dar previsibilidade ao usuário do comportamento do sistema.

No ELIR a interface do usuário tem o papel de informar cinco características principais:

- System Integrity
- Robot Status
- Thermal view
- Occurrences
- Actuators Information

No campo de *System Integrity* são exibidos em tempo real as variáveis de grande impacto na eficiência e integridade do sistema. Por isso são informados os dados de temperatura, percentual de carga da bateria, consumo, localização e orientação do robô.

O *Robot Status Display* exhibe o posicionamento das garras do robô na linha de transmissão. A coloração vermelha indica as garras foras da linha enquanto que a coloração verde indica as garras apoiadas na linha. Essa informação proveniente dos sensores de proximidade é de extrema importância para integridade física do robô.

O *Thermal View* exhibe em tempo real os frames da câmera IR, permitindo o usuário acompanhar a detecção de pontos quentes e visualizar o perfil de temperatura da área exibida.

O campo de *Occurrences* mostra as principais ocorrências daquele momento, mostrando eventos de sobretemperatura, sobrecorrente, detecção de pontos quentes e detecção de objetos na área de servidão. Todos os eventos são mostrados com data, horário e localização gps.

Resultados

asdfsdfsdf

4.1 Testes unitários

asdfsdfsdfs

4.2 Testes integrados

asdfsdfsdfs

4.3 Avaliação da prontidão tecnológica

asdfsdfsdfs

4.4 Trabalhos futuros

asdfsdfsdfs

Conclusão

Chegou a hora de apresentar o apanhado geral sobre o trabalho de pesquisa feito, no qual são sintetizadas uma série de reflexões sobre a metodologia usada, sobre os achados e resultados obtidos, sobre a confirmação ou rechaço da hipótese estabelecida e sobre outros aspectos da pesquisa que são importantes para validar o trabalho. Recomenda-se não citar outros autores, pois a conclusão é do pesquisador. Porém, caso necessário, convém citá-lo(s) nesta parte e não na seção seguinte chamada **Conclusões**.

5.1 *Considerações finais*

Brevemente comentada no texto acima, nesta seção o pesquisador (i.e. autor principal do trabalho científico) deve apresentar sua opinião com respeito à pesquisa e suas implicações. Descrever os impactos (i.e. tecnológicos, sociais, econômicos, culturais, ambientais, políticos, etc.) que a pesquisa causa. Não se recomenda citar outros autores.

QFD

Diagramas mecânicos

Diagramas eletro-eletrônicos

Wireframes

Logbook

Referências Bibliográficas

Desenvolvimento do robô de inspeção.

Michael Faraday

John Nash

James Clerk Maxwell

Nikola Tesla

Salvador, Setembro de 2018.